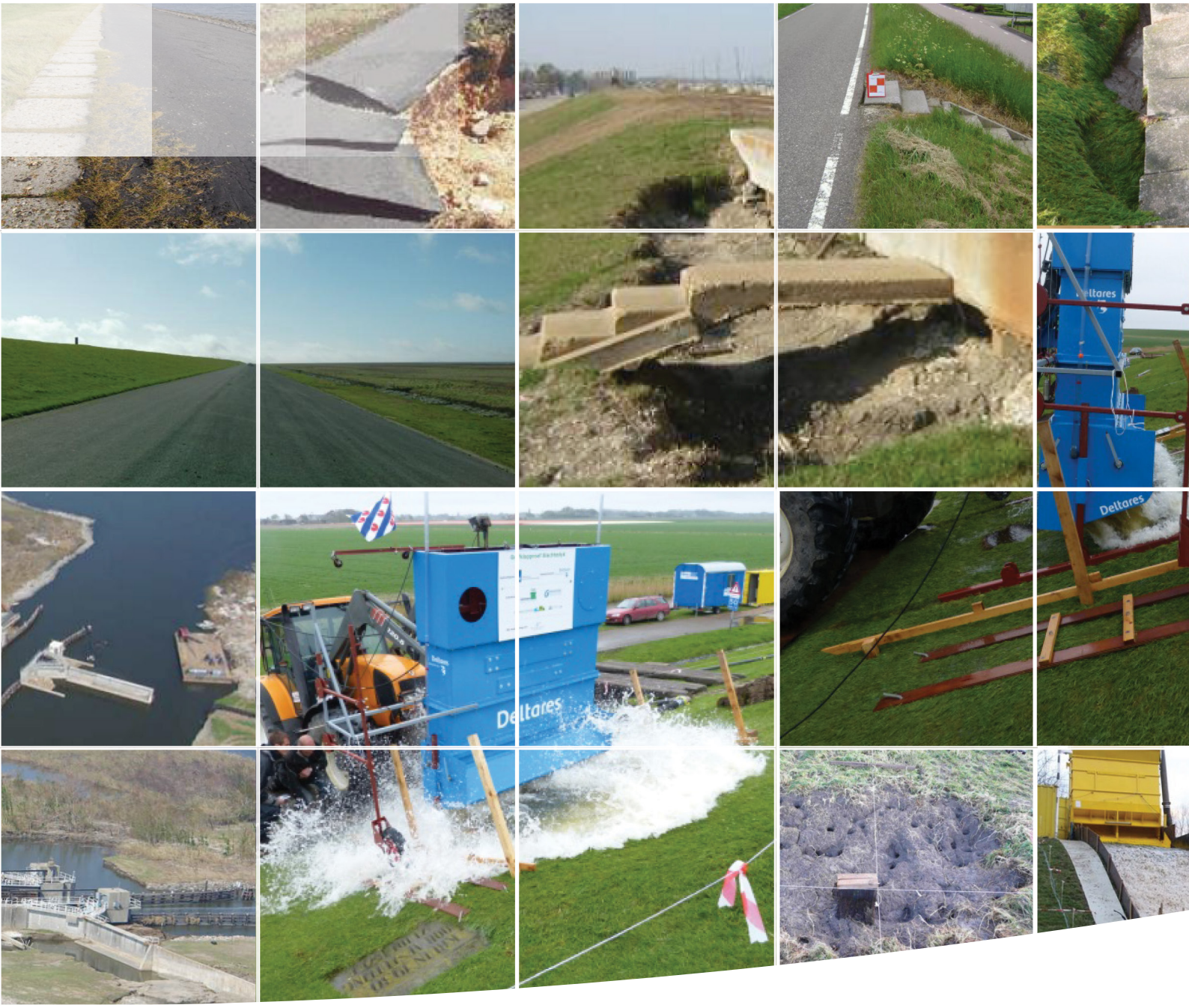
Deltares

Enabling Delta Life

Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen

Aanzet tot oplossingsrichtingen



Deltares

Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen

Aanzet tot oplossingsrichtingen

ir. P. van Steeg
ir. A. van Hoven

1208394-000

© Deltares, 2013, B

Deltares

Titel
Overgangen bij grasbekledingen in primaire waterkeringen

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud	1208394-000	1208394-000-HYE-0012	25

Trefwoorden
Overgangen grasbekledingen

Samenvatting
Dit verslag behandelt de overgangen en potentiele oplossingsrichtingen met betrekking tot overgangen bij grasbekledingen op primaire waterkeringen. Omdat er zeer veel types overgangen mogelijk zijn is er de behoefte om dit te structureren. Een generieke opzet hiertoe is een eerder rapport (Deltares, 2013a) weergegeven. In voorliggend rapport is dit verder uitgewerkt voor grasbekledingen. De structuur (categorisering) is gebaseerd op het bekledingtype / keringtype, geometrie van de overgang, fysica, locatie op de kering en levensfase van de kering.

Huidige kennis van overgangen in grasbekledingen is voornamelijk vastgelegd in ENW/TAW rapporten. Daarnaast is er ervaring met overgangen opgedaan bij proeven met de golfoverslagsimulator (overslag, binnentalud) en de golfklapgenerator (golfklappen op buitentalud) welke in dit rapport zijn samengevat.

Op generiek niveau zijn er categorisch verschillende potentiele oplossingsrichtingen geïdentificeerd.

Er wordt aanbevolen om:

1 De huidige kennis en ervaring te vertalen in een set met concrete aanbevelingen;
2 Het onderwerp ‘overgangen in primaire waterkeringen’ onder de aandacht te brengen van relevante partijen met betrekking tot ontwerp, uitvoering, beheer, toetsing en onderzoek van primaire waterkeringen;
3 Potentiele oplossingsrichtingen met betrekking tot overgangen naar grasbekledingen verder uit te werken.

Referenties
Opdracht met zaaknummer 31082455 Onderzoek kennisleemte overgangsconstructies, d.d. 03.06.2013

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
V1	okt. 2013	ir. P. van Steeg ir. A. van Hoven		ir. M. Klein Breteler		Dr. ir. M.R.A. van Gent	
V2	nov. 2013	ir. P. van Steeg ir. A. van Hoven		ir. M. Klein Breteler		Dr. ir. M.R.A. van Gent	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Algemeen 1
1.2 Achtergrond 1
1.3 Doelstelling 1

2 Categorisering 3
2.1 Algemeen 3
2.2 Indeling gebaseerd op keringtype / bekledingstype 3
2.2.1 Overgang van gras naar gras (knik) 3
2.2.2 Overgang van gras naar steenzetting 3
2.2.3 Overgang van gras naar asfalt 4
2.2.4 Overgang van gras naar breuksteen 4
2.2.5 Overgang van gras naar NWO's en kunstwerken 4
2.3 Indeling gebaseerd op geometrie van de overgang 5
2.3.1 Geometrie – Oriëntatie 5
2.3.2 Geometrie – Hoogteverschillen aan weerszijden van de overgang 6
2.3.3 Geometrie – Knikken 6
2.4 Indeling gebaseerd op fysica 7
2.4.1 Algemeen 7
2.4.2 Faalmechanismen 7
2.5 Indeling gebaseerd op locatie op de kering 8
2.6 Indeling gebaseerd op levensfase van de waterkering 8

3 Overzicht van huidige kennis over overgangen in grasbekledingen 9
3.1 Algemeen 9
3.2 Proeven met golfoverslagsimulator 9
3.3 Proeven met golfklapgenerator 10

4 Potentiele oplossingsrichtingen 13
4.1 Faalmechanismen gras 13
4.2 Potentiele generieke oplossingsrichtingen 13
4.2.1 Verlagen van de belasting (B) 13
4.2.2 Verhogen van de sterkte (S) 14
4.2.3 Overige oplossingsrichtingen (schade accepteren) 17
4.3 Uitwerking specifieke constructieve oplossingsrichtingen (type S1) 18
4.3.1 Gebruik van doorgroeistenen (overgang van gras naar steenzetting) 18
4.3.2 Gebruik van doorgroeistenen (overgang van gras naar asfalt) 19
4.3.3 RONA® Zwijnverdwijnblokken 21
4.3.4 Geo Clay Liners 21

5 Conclusies en aanbevelingen 23
5.1 Conclusies 23
5.2 Aanbevelingen 23

6 Literatuur 25

Bijlage(n)

A Proeven met golfoverslagsimulator **A-1**
A.1 Beschrijving A-1
A.2 Lijst overgangen bij overslagproeven A-3
A.3 Foto's A-5

B Proeven met golfklapgenerator **B-1**
B.1 Testen op overgang van gras naar een trap (Oosterbierum) B-1
B.2 Testen op overgang van gras naar een harde bekleding (Olst, Berkum en Harculo) B-1
B.3 Testen op overgang van gras naar paal (Harculo) B-2

C RONA® Zwijnverdwijnblokken Productblad **C-1**

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Vanuit de CUR commissie AOC WB is de wens geuit om overgangen in primaire waterkeringen als kennisleemte te gaan onderzoeken. Vanuit deze wens heeft Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud Deltares gevraagd om een verkennend onderzoek hiernaar uit te voeren. Hiertoe is een eerste inventarisatie uitgevoerd en gerapporteerd in Deltares (2013a). In het genoemde verslag is een overzicht en categorisering gegeven van de mogelijke overgangen in primaire waterkeringen.

Het onderhavige verslag is een voortzetting waarbij de focus ligt op overgangen in dijken met grasbekledingen. Verder ligt de focus met name op het erosiemechanisme onder hydraulische belasting. De opzet van dit verslag is vrijwel gelijk aan de opzet van het eerder genoemde verslag. Het eerder genoemde verslag wordt in feite als kapstok gebruikt. Inhoudelijk beperkt dit verslag zich tot de overgangen van grasbekledingen tot een ander element of bekleding van, op of in een primaire waterkering (inclusief NWO's).

1.2 Achtergrond

Om Nederland tegen overstromingen te kunnen beschermen is een degelijk toets- en ontwerp instrumentarium van primaire waterkeringen zoals dijken, kunstwerken, dammen en duinen noodzakelijk. Dergelijke kennis is opgenomen in voorschriften, technische rapporten, handreikingen en software en wordt verder ontwikkeld binnen verschillende onderzoeksprogramma's zoals WTI2017.
In deze onderzoeken, maar ook op basis van praktijkervaringen (bijvoorbeeld de dijkdoorbraken bij New Orleans als gevolg van de orkaan Katrina), blijkt dat overgangen en overgangsconstructies veelal een zwak punt in waterkeringen zijn. Met een overgang wordt hier de ruimste zin van het begrip bedoeld. Gedacht kan worden aan aansluitingsconstructies tussen verschillende typen waterkeringen zoals dijken, duinen of hoge gronden maar ook overgangen tussen waterkeringen en zogenaamde niet waterkerende objecten (NWO's) of overgangen tussen verschillende typen dijkbekledingen.

Uit een eerdere inventarisatiestudie (Deltares, 2013a) blijkt dat er met name behoefte is aan oplossingsrichtingen met betrekking tot ontwerp, toets en onderhoudsvoorschriften met betrekking tot overgangen van gras naar een andere bekleding of voorwerp.

1.3 Doelstelling

De specifieke doelstellingen van dit rapport zijn als volgt:

- Het verkrijgen van een overzicht van overgangen met aan ten minste 1 zijde van de overgang een grasbekleding (Hoofdstuk 2);
- Het geven van een overzicht van huidige kennis met betrekking tot overgangen (Hoofdstuk 3);
- Het verkrijgen van een overzicht van potentiele maatregelen als er sprake is van zwakke overgangen (beheersmaatregelen en fysieke aanpassingsmogelijkheden) (Hoofdstuk 4);
- Inventariseren welke stappen nodig zijn om draagvlak te creëren voor potentiele oplossingsrichtingen en aan te tonen dat deze afdoende zijn (Hoofdstuk 5).

2 Categorisering

2.1 Algemeen

Om overgangen goed te kunnen beschouwen is een heldere indeling noodzakelijk. Dit kan op meerdere manieren worden gedaan welke zijn beschreven in Deltares (2013a). Deze beschrijving wordt in de onderstaande paragrafen herhaald waarbij dit zodanig is aangepast dat dit alleen voor gras van toepassing is.

De verschillende indelingen zijn als volgt:

- Indeling gebaseerd op keringtype
- Indeling gebaseerd op geometrie van de overgang
- Indeling gebaseerd op fysica
- Indeling gebaseerd op locatie op de kering
- Indeling gebaseerd op beheer en inspectie

2.2 Indeling gebaseerd op keringtype / bekledingstype

Een indeling gebaseerd op keringtype en bekledingstypen, bijvoorbeeld:

- Overgang van gras naar gras (knik)
- Overgang van gras naar steenzetting
- Overgang van gras naar asfalt
- Overgang van gras naar breuksteen
- Overgang van gras naar NWO en kunstwerk

2.2.1 Overgang van gras naar gras (knik)

Een overgang van gras naar gras kan worden gevormd door een knik in het dijkprofiel. Knikken worden verder besproken in Paragraaf 2.3.3.

2.2.2 Overgang van gras naar steenzetting

Overgangen van gras naar steenzettingen komen veel voor. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 2.1. In TAW (1992), pagina 50, is het ontwerp van een overgang van een steenzetting naar gras besproken.

Figuur 2.1 Voorbeeld overgang van gras naar steenzetting

2.2.3 Overgang van gras naar asfalt

Overgangen van gras naar asfalt komen veel voor. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 2.2. In TAW (1992), pagina 57, is het ontwerp van een overgang van asfalt naar gras besproken.

Figuur 2.2 Voorbeelden overgang van gras naar asfalt

2.2.4 Overgang van gras naar breuksteen

Een overgang van gras naar breuksteen komt in de praktijk niet tot nauwelijks voor. Een ontwerp waarin een overgang van breuksteen naar gras voorkomt is echter wel mogelijk. In de huidige literatuur is hier echter geen beschouwing van gevonden. Voor achtergronden met betrekking tot breuksteen wordt verwezen naar Rijkswaterstaat (2013a), en CIRIA, CUR CETMEF (2007). Voorbeelden van een overgang van breuksteen naar gras is weergegeven in Figuur 2.3.

Figuur 2.3 Voorbeeld overgang van breuksteen naar gras (links: gebruik van doorgroeistenen)

2.2.5 Overgang van gras naar NWO's en kunstwerken

Overgangen van gras naar niet waterkerende objecten (NWO's) en kunstwerken komen veel voor. Voorbeelden zijn weergegeven in Figuur 2.4.

Figuur 2.4 Voorbeelden overgang van gras naar NWO's (links: trap, rechts: meubilair)

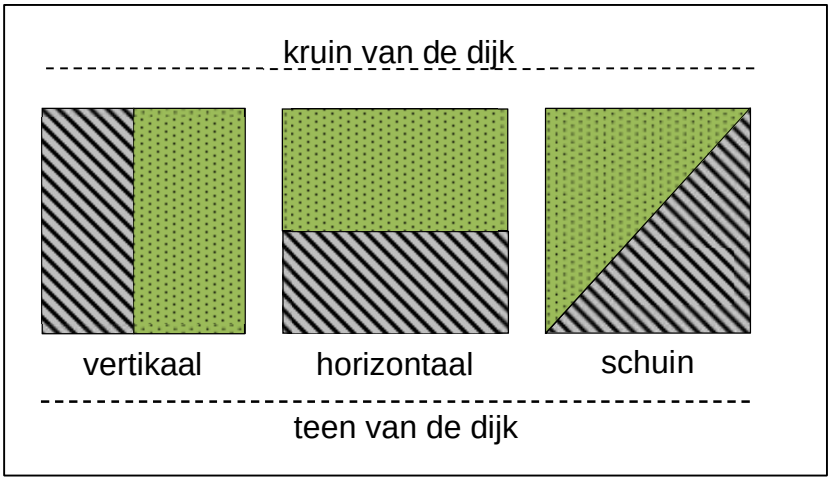
In Rijkswaterstaat (2012) wordt de invloed van NWO's op drie verschillende manieren gecategoriseerd. Deze zijn:

- Stromingsconcentraties langs objecten
- Stroming langs niet goed beheerbare delen
- Overgangen / discontinuïteiten

2.3 Indeling gebaseerd op geometrie van de overgang

2.3.1 Geometrie – Oriëntatie

De overgang kan op verschillende manieren zijn georiënteerd. Geschematiseerd kan dit worden teruggebracht tot drie basisprincipes: verticaal, horizontaal of schuin. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 2.5. Enkele voorbeelden zijn weergegeven in Figuur 2.6.



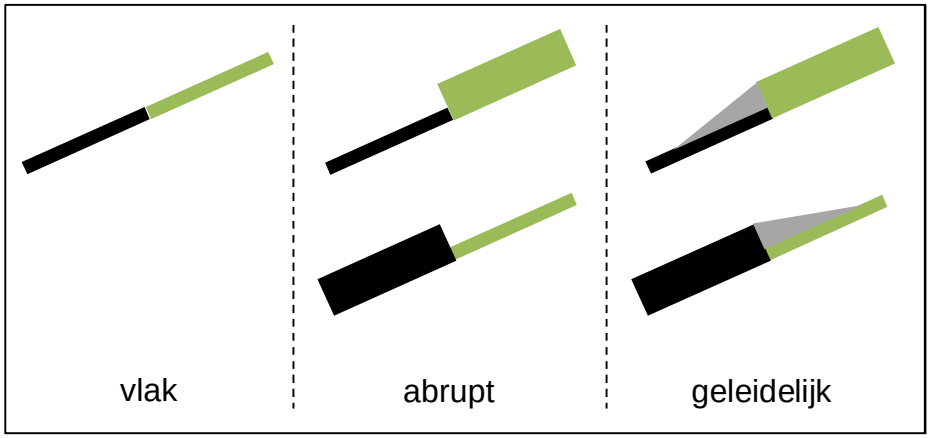
Figuur 2.5 Indeling overgangen op basis van oriëntatie overgang (bovenaanzicht)

Figuur 2.6 Voorbeelden van overgangen met specifieke oriëntatie (links: overgang gras-asfalt is horizontaal, overgang gras-trap is verticaal, rechts: schuine overgang)

2.3.2 Geometrie – Hoogteverschillen aan weerszijden van de overgang

De overgang kan worden gecategoriseerd op basis van het hoogteverschil aan weerszijden van de overgang. Geschematiseerd kan dit worden teruggebracht tot vijf verschillende categorieën, welke tevens zijn weergegeven in Figuur 2.7.

- Vlak ('geen hoogteverschil')
- Abrupt (hogere bekleding zit onder, lagere bekleding zit boven)
- Abrupt (lagere bekleding zit onder, hogere bekleding zit boven)
- Geleidelijk (hogere bekleding zit onder, lagere bekleding zit boven)
- Geleidelijk (lagere bekleding zit onder, hogere bekleding zit boven)

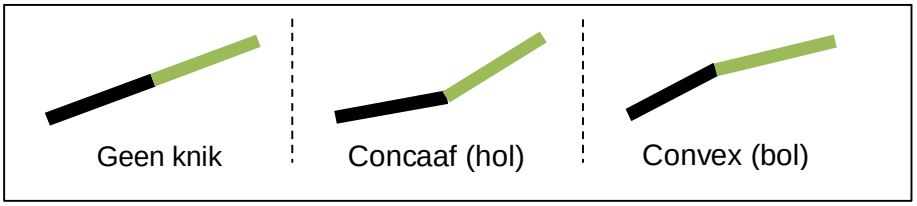


Figuur 2.7 Indeling op basis van hoogteverschil bij overgang (illustraties bij horizontale overgang)

2.3.3 Geometrie – Knikken

De overgang kan gecategoriseerd worden naar het type knik dat hier plaatsvindt. In een schematisatie kan dit worden teruggebracht naar drie categorieën, welke zijn weergegeven in Figuur 2.8.

- Geen knik
- Concaaf (hol)
- Convex (bol)



Figuur 2.8 Indeling overgangen op basis van 'knikken' (dwarsdoorsnede)

Figuur 2.9 Voorbeeld overgangen op basis van concave (hol) knik

2.4 Indeling gebaseerd op fysica

2.4.1 Algemeen

De onderstaande tekst is overgenomen uit Deltares (2013a).

Een overgang levert doorgaans een potentiele zwakke plek op in een waterkering wat mogelijk kan leiden tot een lagere stabiliteit. Wanneer dit vanuit de fysica wordt beschouwd dan zijn er in essentie twee parameters: de sterkte en de belasting. Een overgang kan op zowel de sterkte als de belasting invloed uitoefenen. Dit is schematisch weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indeling op basis van fysica (invloed van overgang op de stabiliteit van de waterkering)

	Geen invloed sterkte (R)	***Wel invloed sterkte (R)***
Geen invloed belasting (S)	*Categorie 1*	*Categorie 2*
Wel invloed belasting (S)	*Categorie 3*	*Categorie 4*

Het hierboven gegeven overzicht geeft alleen de invloed aan op de stabiliteit van de waterkering als geheel. Er kan echter ook onderscheid worden gemaakt in de volgende twee aspecten:

- De overgang zelf heeft een lagere stabiliteit dan de elementen aan weerszijden van de overgang.
- De overgang heeft een invloed op de stabiliteit van de aansluitende elementen. Dit is gedefinieerd als de invloedszone van de overgang

2.4.2 Faalmechanismen

Om de aanpak zoals weergegeven in vorige paragraaf uit te kunnen voeren dienen de faalmechanismen in kaart te worden gebracht. In dit rapport wordt er alleen aandacht gegeven aan het falen van de grasbekleding en niet het falen van de aansluitende bekleding of element.

Mogelijke manieren van falen van een grasbekleding zoals beschreven in Hoofdstuk 5 van Rijkswaterstaat (2012) gebeurt door erosie van het gras. Samengevat zijn er de volgende erosiemechanismen:

- Kruin en binnentalud – golfoverslag
    - Uittrekmechanisme
    - Slijterosie
    - Jet erosie
    - Afstropen
    - Head-cut erosie
    - Afschuiven bekleding binnentalud
- Buitentalud
    - Alle mechanismen zoals deze ook voorkomen bij ‘kruin en binnentalud - golfoverslag
    - Erosie door golfklappen
    - Afschuiven bekleding buitentalud
- Invloed op andere faalmechanismen
    - Microstabiliteit
    - Macrostabiliteit
    - Piping

Ook voor een beschrijving van deze mechanismen wordt er verwezen naar Rijkswaterstaat (2012).

2.5 Indeling gebaseerd op locatie op de kering

Conform Deltares (2013a) worden de volgende locaties onderscheiden:

- Voorland
- Teen van de dijk aan buitenzijde
- Buitentalud
    - Golfimpactzone
    - Golfoploop en golfneerloop zone
    - Langstromingszone
- Kruin
- Binnentalud
- Teen van de dijk aan binnenzijde van de dijk
- Achterland

2.6 Indeling gebaseerd op levensfase van de waterkering

Een waterkering heeft de volgende levensfases:

- Ontwerp
- Uitvoering (bouw)
- Beheer
- Toetsing

Alle vier deze fasen zijn van belang voor de stabiliteit van de overgang bij een grasbekleding.

3 Overzicht van huidige kennis over overgangen in grasbekledingen

3.1 Algemeen

De huidige kennis met betrekking tot overgangen in grasbekledingen is voornamelijk vastgelegd in Rijkswaterstaat (2012). Deze zal naar verwachting op korte termijn, met minimale aanpassingen, opnieuw worden uitgebracht als Rijkswaterstaat (2013b). Ook zijn overgangen in grasbekledingen behandeld in TAW (1992).

Het merendeel van de Nederlandse onderzoeken naar overgangen in grasbekledingen zijn recent uitgevoerd met behulp van de golfklapgenerator en de golfoverslagsimulator. Deze beide methodieken zijn toegelicht in de twee volgende paragrafen. Naast deze onderzoeken zijn er geen andere onderzoeken bekend met betrekking tot overgangen in grasbekledingen.

3.2 Proeven met golfoverslagsimulator

In de periode van 2007 tot en met heden zijn 34 teststroken van 4 m breed beproeft met de golfoverslagsimulator, 30 op Nederlandse dijken en 4 in België. Ook in Vietnam en de Verenigde Staten zijn golfoverslagproeven uitgevoerd, maar deze zijn bij gebrek aan gemakkelijk toegankelijke data vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Daarbij is de Nederlandse database toegespitst op Nederlandse omstandigheden (o.a. belasting regimes, grassoorten en beheervormen, grond en typen overgangen) en daardoor voor deze analyse het belangrijkst.

Figuur 3.1 Impressie van een test met de golfoverslagsimulator

Op de 34 teststroken waren 52 overgangen aanwezig die zijn in te delen in de volgende hoofdcategorieën:

- 28x concave (hol) geometrische overgang (e.g. talud - horizontaal), in een aantal gevallen gecombineerd met een onderaan het talud gelegen weg of pad, wat gezien kan worden als een overgang in bekledingtype (12x),
- 12x overgang van bekledingtype, vaak een asfaltweg op de kruin of binnenberm of achterland (bovenop de bovengenoemde gecombineerde overgangen),

- 12x objecten op talud of net onderaan het talud, bestaande uit diverse (kleine) paaltjes, 2x een boom, 2x een taludtrap een constructie parallel aan de stroming één loodrecht op de stroming.

De volgende kwalitatieve conclusies zijn getrokken op basis van het onderzoek met de golfoverslagsimulator:

- Kleine objecten, kleiner dan ca. 15 cm, blijken de grasbekleding nauwelijks te verzwakken. Grotere objecten doen dat wel;
- De stroming langs een object blijkt niet te leiden tot extra erosie. De invloed hiervan op de belasting is gering;
- De invloed van een object dat loodrecht op de stroming staat is wel groot, zowel direct voor het object als rondom de hoekpunten van het object;
- De sterkte van het gras naast een object is van groot belang. Een aantal keer is gezien dat langs objecten veel muizen activiteit is, wat de zode kan verzwakken, maar anderzijds dat door het afwijkende beheer direct langs een object de zode hier wat dikker is, waardoor de belasting lager is. Anderzijds was de afwezigheid van een doorwortelde zode langs een taludtrap door herbicide aanleiding voor zeer snel falen;
- Grastaluds zonder verdere overgangen of duidelijke zwakke plekken, zoals rijsporen of taluddelen met ruigtebegroeiing, gingen als eerste kapot bij de overgang van talud naar horizontaal. Hier is de belasting groter dan op het talud;
- Bij geleidelijke overgangen van talud naar horizontaal trad er nauwelijks eerder schade op, enerzijds omdat de extra belasting door het ombuigen van de stroming niet erg groot was (verspreid over grote lengte) en anderzijds omdat er soms water onderaan het talud bleef staan. Het water dat hier blijft staan remt het volgende overslaande volume;
- Hetzelfde geldt voor objecten op enige afstand van het talud. De erosieve werking van de overslag neemt op enige afstand van de dijk snel af;
- Overgangen in bekledingtype waren vooral asfaltwegen over de kruin, asfaltwegen over de berm, verhardingen van granulair materiaal (al dan niet begroeit met gras) en doorgroeistenen. Wegen op de berm die op meer dan enkele meters van de teen liggen gaven in geen van de proeven een probleem. De belasting neemt na het bereiken van het horizontaal snel af. De overgang van een asfaltweg op de kruin naar gras gaf in beide beproefde gevallen versnelde schade. Details van de overgang kunnen hierin bepalend zijn. Bij Millingen was er een initiële schade langs de weg en ontstond er vrij snel een groot gat. In België bij de Durmedijk ontstond nauwelijks schade, al was het wel de zwakke plek.

Een verdere uitwerking van de proeven met de golfklapgenerator is weergegeven in Bijlage A.

3.3 Proeven met golfklapgenerator

In 2012 is een zogenaamde golfklapgenerator ontwikkeld. Deze machine kan golfklappen zoals deze op een buitentalud voorkomen nabootsen. Een indruk van de golfklapgenerator is gegeven in Figuur 3.2. Met de ontwikkeling van deze machine was de focus op rivierdijken.

Figuur 3.2 Impressie van een test met de golfklapgenerator

De golfklapgenerator is op dertien verschillende testsecties in het veld ingezet. Variaties tussen deze testsectie waren:

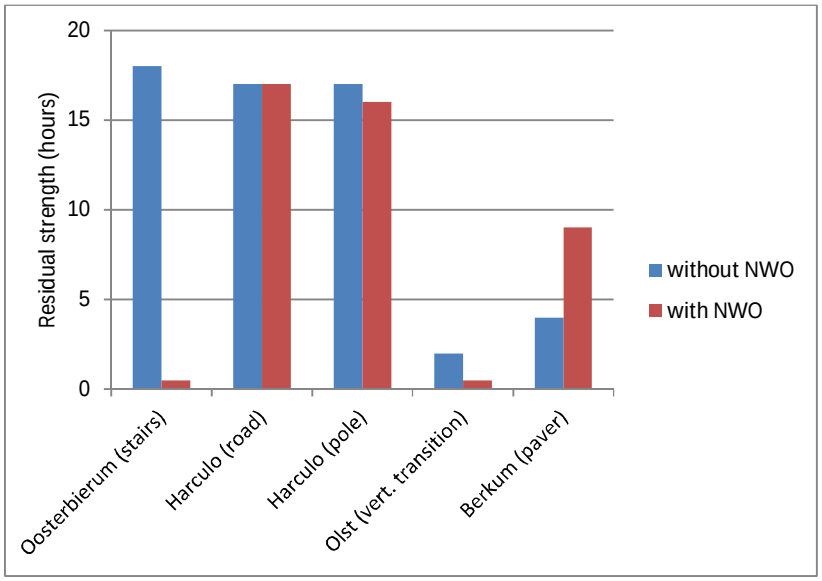
- Graskwaliteit
- Kleikwaliteit
- Overgangen en niet waterkerende objecten (NWO's)

In totaal zijn er zes testen uitgevoerd op een overgang of NWO welke tot vijf bruikbare resultaten hebben geleid). Deze testen zijn uitvoerig beschreven in Deltares (2013b) en worden in Bijlage B samengevat.

Op basis van de testen zijn de volgende kwalitatieve conclusies getrokken:
- Een NWO of een overgang is in sommige gevallen geplaatst op een zandlaag. Waarschijnlijk wordt dit gedaan omdat dit voor de aannemer eenvoudiger is met betrekking tot de uitvoering. Bij de constructies die zijn getest bleek dit funest te zijn voor de stabiliteit aangezien er vrijwel geen sterkte aanwezig bleek te zijn;
- De stabiliteit van de dijkbekledingen met horizontale vlakke overgangen was nauwelijks beïnvloed;
- De sterkte van de dijkbekledingen met verticale overgangen was beduidend lager;
- De sterkte van de bekleding bij een paal met kleine diameter was iets lager;

De invloed van een overgang wordt in Deltares (2013b) kwantitatief weergegeven door middel van een invloedsfactor f_{NWO}. Deze invloedsfactor is de ratio tussen de sterkte van de overgang en de sterkte van de bekleding indien deze overgang niet aanwezig zou zijn. De sterkte is hierbij uitgedrukt als een standtijd totdat een bepaalde erosiediepte was bereikt. Het was mogelijk om deze ratio te bepalen omdat in alle gevallen dezelfde grasbekleding zonder overgang of NWO is getest.

De proeven waren voornamelijk bedoeld om de reststerkte van het gras te bepalen. Dit is de sterkte die nog aanwezig is na initiële schade. Een indruk van de invloed van overgangen en NWO's op de reststerkte is weergegeven in Figuur 3.3.



Figuur 3.3 Vergelijking van de reststerkte van gras met en zonder NWO of overgang bij belasting met de golfklapgenerator (overgenomen uit Deltares (2013b)

De proeven met de golfklapgenerator hebben een goed eerste inzicht verschaft in de invloed van bepaalde typen overgangen. Er dient echter benadrukt te worden dat vele typen overgangen nog niet zijn onderzocht.

4 Potentiele oplossingsrichtingen

4.1 Faalmechanismen gras

In Rijkswaterstaat (2012) zijn verschillende faalmechanismen van gras beschreven. Vrijwel alle genoemde mechanismen komen neer op een specifieke manier van eroderen van het grastalud en onderliggende kleilaag. Dit kan komen door een stromingsbelasting (alle delen van de dijk) of door een golfklapbelasting (buitentalud van de dijk). Een ander mechanisme is het uitspoelen van zand indien het gras direct op een zandlaag groeit. In sommige gevallen (steile binnentaluds welke zijn geïnfiltreerd door overslaand water) is een afschuiving van de bekleding van het binnentalud mogelijk.

Faalmechanismen:

- ➔ Erosie van gras (verschillende manieren waarop dit kan gebeuren)
- ➔ Uitspoelen van zand (indien sprake is van een zanddijk)
- ➔ Afschuiving talud (valt buiten het kader van dit rapport)*

* afschuiven van het binnentalud door overslag kan worden geïnitieerd door een overgang, bijvoorbeeld als er een spleet is, of kan ontstaan, tussen een object van enige afmeting in de langsrichting van een dijk en een talud. Door deze spleet kan makkelijker water infiltreren en de bekleding makkelijker afschuiven. Dit rapport richt zich in eerste instantie echter op erosie. Men dient zich er echter van bewust te zijn dat een oplossingsrichting mogelijk een glijvlak kan introduceren waardoor afschuiving kan ontstaan. Een oplossingsrichting dient derhalve altijd gecontroleerd te worden op dit mechanisme.

4.2 Potentiele generieke oplossingsrichtingen

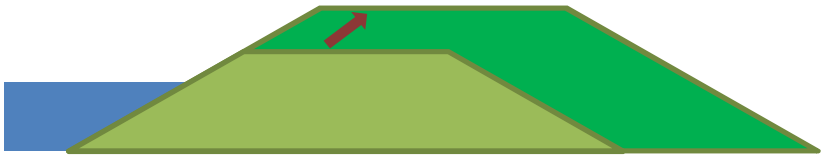
4.2.1 Verlagen van de belasting (B)

In deze paragraaf worden enkele potentiele oplossingsrichtingen gegeven. Het is niet duidelijk in welke mate deze oplossingsrichtingen voldoen aan de gestelde eisen.

(B1) Verlagen externe belasting (binnentalud)

Om de hydraulische belasting op het binnentalud te verlagen kunnen de volgende oplossingsrichtingen worden toegepast:

- o B1a: Verhogen van de kruin
- o B1b: Ruwer maken van het buitentalud
- o B1c: Een berm aanbrengen op het buitentalud



Figuur 4.1 Verhogen binnentalud om belasting op binnentalud te verlagen

(B2) Verplaatsen overgang (buitentalud)

Omdat de belasting hoger op het (buiten) talud afneemt, ligt gras hoger op het talud dan een steenzetting of een asfaltbekleding. Indien de steenzetting of de asfaltbekleding tot een hoger niveau wordt doorgetrokken, komt de overgang ook hoger te liggen wat leidt

tot een lagere belasting op de overgang.

Figuur 4.2 Verplaatsen overgang op buitentalud om belasting op overgang op buitentalud te verlagen. (rode lijn geeft verlenging van harde onderste bekleding aan)

(B3) Constructieve oplossing (m.b.t. verlagen belasting)

(B3a) Bij knik in gras: Stroomlijnen van geometrische overgangen zodat er geen abrupte overgang meer is en lokale verhoogde belasting wordt geminimaliseerd.

Figuur 4.3 Stroomlijnen van knikken om belasting te verlagen. (rode lijn geeft aangepast profiel aan)

(B3b) Bij hoogteverschillen tussen gras en aansluitende bekleding / objecten: nivelleren van hoogteverschil of het minder abrupt maken van dit hoogteverschil.

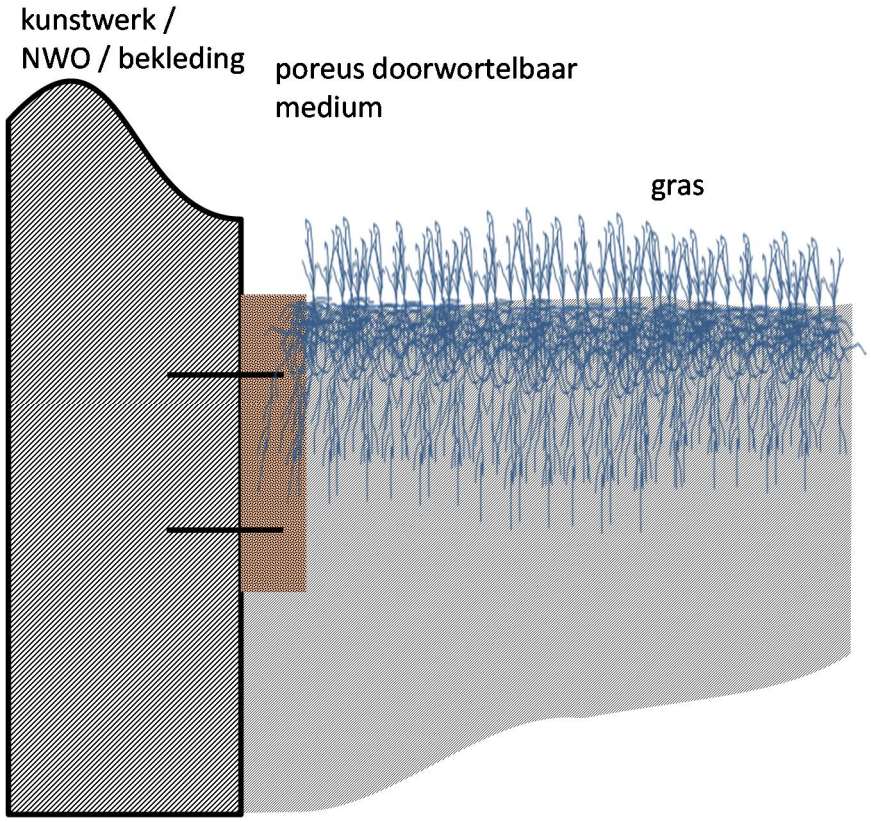
(B3c) Een constructieve oplossing zodanig dat lokale stromingsconcentraties of turbulente wervelingen worden voorkomen. Voorbeeld: mogelijk geven ronde of vierkante palen een andere hydraulische belasting.

4.2.2 Verhogen van de sterkte (S)

In deze paragraaf worden enkele potentiele oplossingsrichtingen gegeven. Het is niet duidelijk in welke mate deze oplossingsrichtingen voldoen aan de gestelde eisen.

(S1) Constructieve oplossing

(S1a) Voor betere hechting van gras kan aan een harde constructie een poreus vast medium (aan elkaar gekit granulair materiaal zoals bijvoorbeeld Elastocoast) worden bevestigd waar de wortels in kunnen verankeren, zie ook Figuur 4.4.

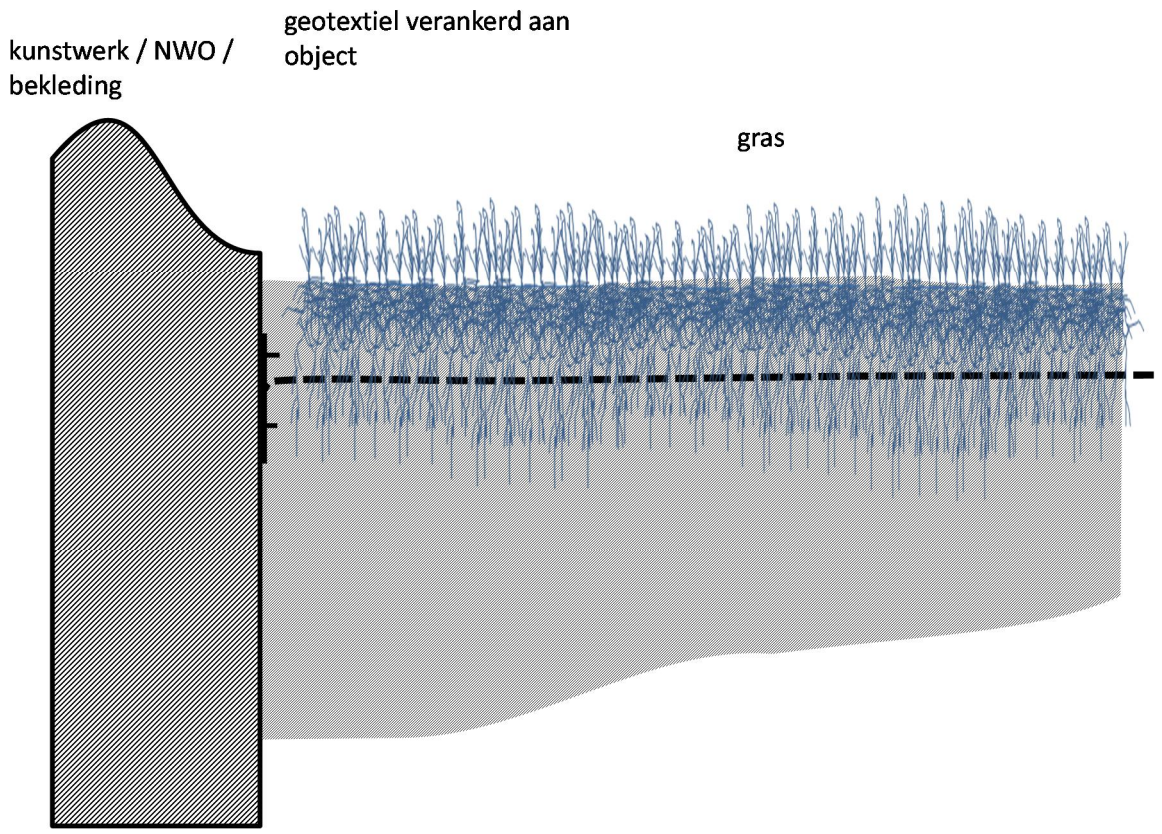


Figuur 4.4 Dwarsdoorsnede overgang object - gras door middel van doorwortelbaar poreus medium verankerd aan object)

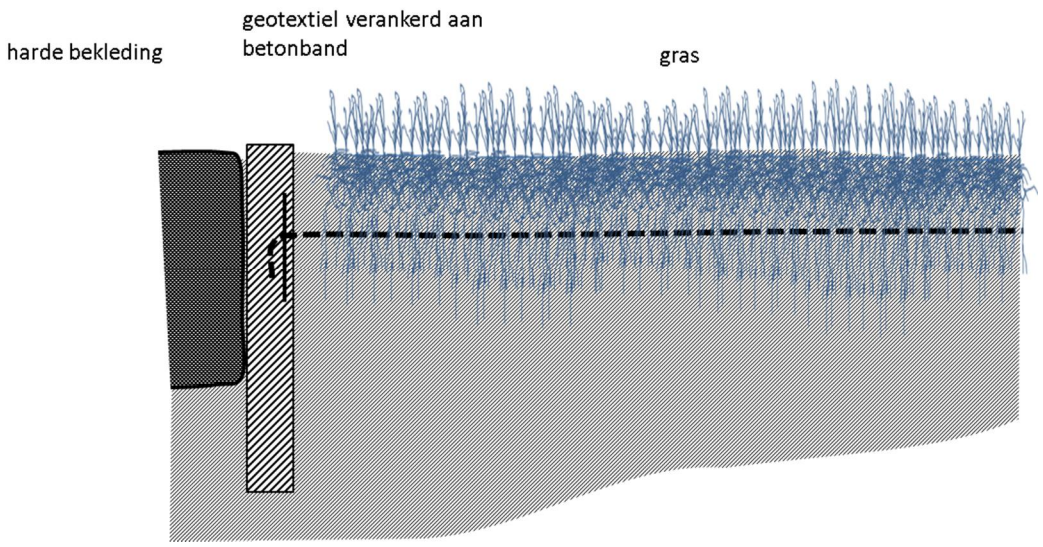
(S1b) Het aanbrengen van een specifieke bekleding. In de praktijk zijn dit veelal de zogenaamde doorgroeistenen. Een uitwerking hiervan is gegeven in Paragraaf 4.3. Er kan echter worden overwogen om de markt uit te dagen om een nieuw type bekleding te ontwikkelen.

(S1c) Het versterken van de grasmat met geotextiel verankerd aan object of ander type bekleding, eventueel in combinatie met een groeibevorderaar (b.v. mycorrhiza).

(S1d) Het versterken van de grasmat met een gridconstructie verankerd aan een object of ander type bekleding. Hierbij kan worden gedacht aan Enkamat of een geogrid.



Figuur 4.5 Dwarsdoorsnede overgang object - gras door middel van geotextiel verankerd aan object (geotextiel kan ook geogrid of Enkamat en dergelijke zijn)



Figuur 4.6 Dwarsdoorsnede overgang object - gras door middel van geotextiel verankerd aan de overgang-betonband (geotextiel kan ook geogrid of Enkamat en dergelijke zijn)

(S1e) In sommige gevallen is een NWO (bijvoorbeeld een trap in het talud van de dijk) gebouwd door een deel van de kleilaag af te graven en deze te vervangen door een zandlaag. Dit wordt waarschijnlijk gedaan omdat de trap op deze manier voor de aannemer eenvoudiger is te bouwen. Zand erodeert zeer snel waardoor het beter is om deze manier van bouwen niet toe te staan. Bij het onderzoek met de

golfklapgenerator (Deltares, 2013b) bleek dat een trap gebouwd op een zandbed zeer gevoelig was voor het uitspoelen van zand.

(S1f) De overgang kan zodanig worden uitgevoerd dat deze zelf een waterkerend vermogen heeft welke in rekening kan worden gebracht.

(S2) Beheer en onderhoud

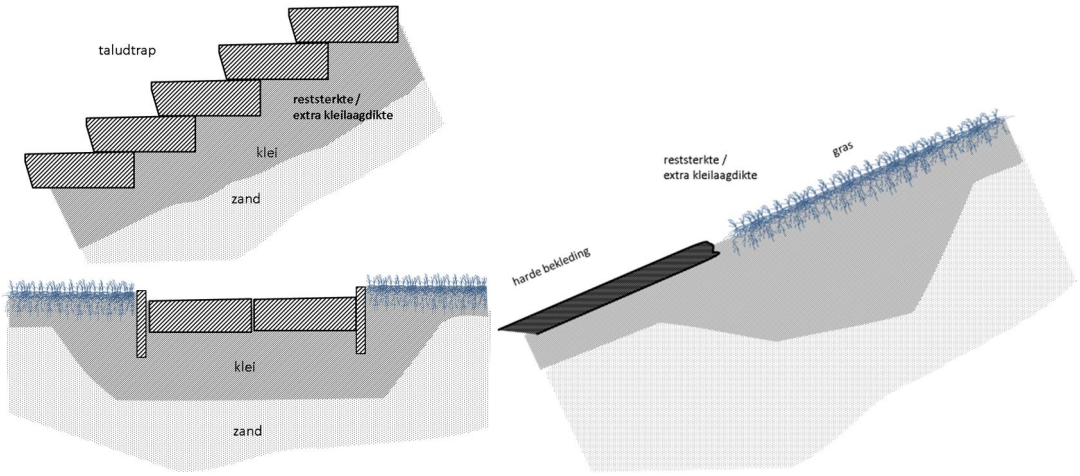
- Gericht beheer en onderhoud rondom overgangen. Voor grasbekledingen zijn onderhoudsvoorschriften beschikbaar (zie o.a. Rijkswaterstaat, 2012).
- Veelal is het in de praktijk niet goed toepasbaar om dichtbij de overgang te maaien of te klepelen. Een mogelijke oplossing is om het maaien zodanig uit te voeren dat dit ook goed bij overgangen wordt uitgevoerd. Een andere mogelijkheid is om de overgang zodanig uit te voeren dat er bij de overgang ook goed gemaaid kan worden.
- Schapen houden het gras veelal niet exact tot aan de overgang kort. Het gevolg hiervan is dat organisch materiaal zich ophoopt ter plaatse van de overgang wat een geliefde habitat is voor muizen en andere kleine dieren. Dit kan leiden tot een lokale zwakke plek. Mogelijk kan een afrastering zodanig worden aangepast dat het voor schapen goed mogelijk is om hier bij het gras te komen.
- Soms wordt langs paden of trappen gebruik gemaakt van chemische middelen of andere verdelgers om te voorkomen dat het pad wordt overwoekerd. Dit is veelal desastreus voor de graskwaliteit en wordt daarom dan ook ontraden.

4.2.3 Overige oplossingsrichtingen (schade accepteren)

In deze paragraaf worden enkele potentiele oplossingsrichtingen gegeven. Het is niet duidelijk in welke mate deze oplossingsrichtingen voldoen aan de gestelde eisen.

Naast het verlagen van de belasting of het verhogen van de sterkte zijn er tevens andere mogelijke oplossingsrichtingen. Dit komt voornamelijk neer op het accepteren van schade. Schade aan de grasbekleding kan worden geaccepteerd zolang aangetoond kan worden dat de primaire kering niet faalt. Dit kan worden gedaan door de zogenaamde reststerkte in rekening te brengen. Reststerkte is de sterkte van een waterkering nadat initiële schade optreedt.

De reststerkte van een grasbekleding wordt in de praktijk gerealiseerd door een onderliggende kleilaag (Figuur 4.7). Additionele reststerkte kan worden bereikt door een betere kleikwaliteit of een dikkere kleilaag toe te passen. Er kan voor kleine lokale erosie rondom objecten echter ook worden gedacht aan reststerkte die wordt verzorgd door in het object verankerd geotextiel.



Figuur 4.7 Overgangen met reststerkte in de vorm van extra kleilaagdikte (links taludtrap in twee aanzichten, rechts overgang harde bekleding naar gras op buitentalud)

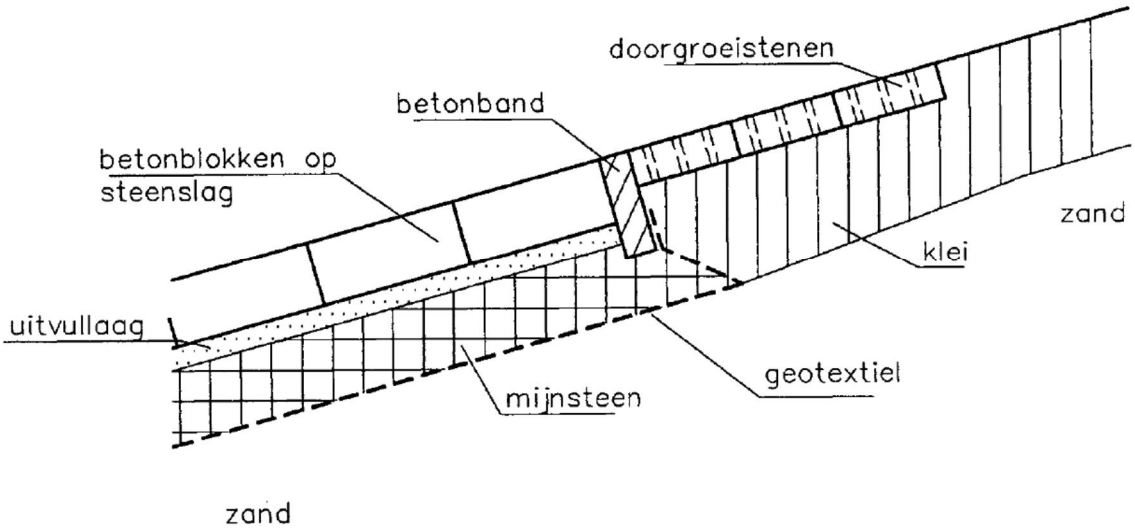
4.3 Uitwerking specifieke constructieve oplossingsrichtingen (type S1)

In deze paragraaf worden enkele potentiele oplossingsrichtingen gegeven. Het is niet duidelijk in welke mate deze oplossingsrichtingen voldoen aan de gestelde eisen.

4.3.1 Gebruik van doorgroeistenen (overgang van gras naar steenzetting)

Het gebruik van doorgroeistenen is generiek besproken in Paragraaf 4.2 (type S1b) en wordt hieronder verder uitgewerkt. Er wordt benadrukt dat er verdeelde meningen zijn over de toepasbaarheid van doorgroeistenen bij overgangen.

Onderstaande tekst is overgenomen van TAW (1992):
De beëindiging van de zetting bij de overgang naar een bekleding van gras op klei moet niet te abrupt zijn. Tegen het vertrappen van het gras door het beweidingsvee is een geleidelijke overgang belangrijk. Bij de overgang is de grasmat gevoelig voor erosie als gevolg van de slechte groeicondities voor het gras en de grotere ruwheid van de grasmat ten opzichte van de onderliggende bekleding. Erosieproblemen kunnen ondervangen worden door gebruik te maken van doorgroeistenen, doorgroei-elementen of in de klei gestrate klinkers. Een voorbeeld van een overgang is gegeven in Figuur 4.8.



Figuur 4.8 Voorbeeld doorgroeistenen (pag. 50 van TAW (1992))

Voor een goede doorgroei is vereist dat de gaten in de stenen gevuld worden met grond die zo weinig mogelijk afwijkt van de onderliggende grond. (In sommige gevallen raken de doorgroeistenen gevuld met inwasmateriaal van de steenzetting. Hierdoor kan deze onvoldoende gevuld raken met teelaarde waardoor het gras moeilijk aanslaat).

De betonband zorgt voor een goede opsluiting van de blokkenglooing waartegen het geotextiel opgezet kan worden. Dit maakt inspoeling van klei naar het filter onmogelijk. Ook zonder de betonband kan deze overgang goed uitgevoerd worden. Het geotextiel kan hierbij tussen het betonblok en het doorgroeit element geklemd worden.

Soms wordt de opsluiting verzekerd door een rij perkoenpalen met een opgespijkerd houten schot of een betonband. Deze palen zijn echter constructief gezien niet noodzakelijk als er geen diepe ontgronding van het gras te verwachten is, bijvoorbeeld bij een hoge beëindiging van de betonblokkenbekleding.

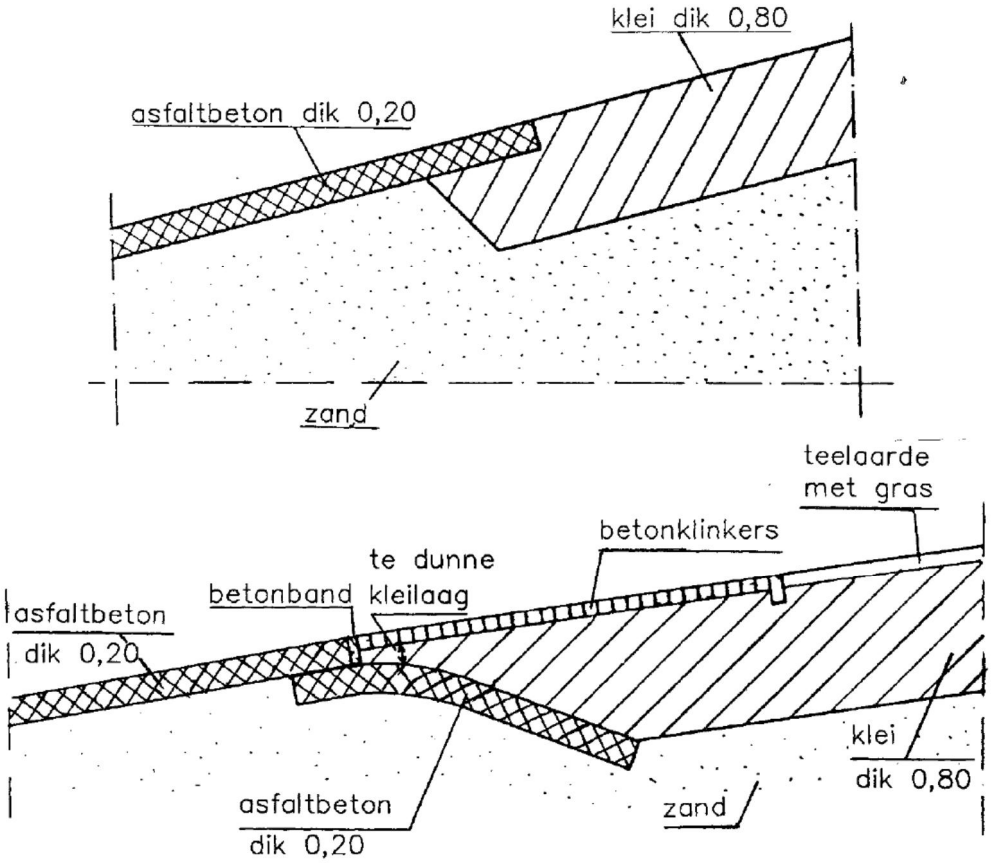
4.3.2 Gebruik van doorgroeistenen (overgang van gras naar asfalt)

Het gebruik van doorgroeistenen is generiek besproken in Paragraaf 4.2 (type S1b) en wordt hieronder verder uitgewerkt. Er wordt benadrukt dat er verdeelde meningen zijn over de toepasbaarheid van doorgroeistenen bij overgangen.

Onderstaande tekst is (beperkt aangepast en) overgenomen uit TAW (1992):

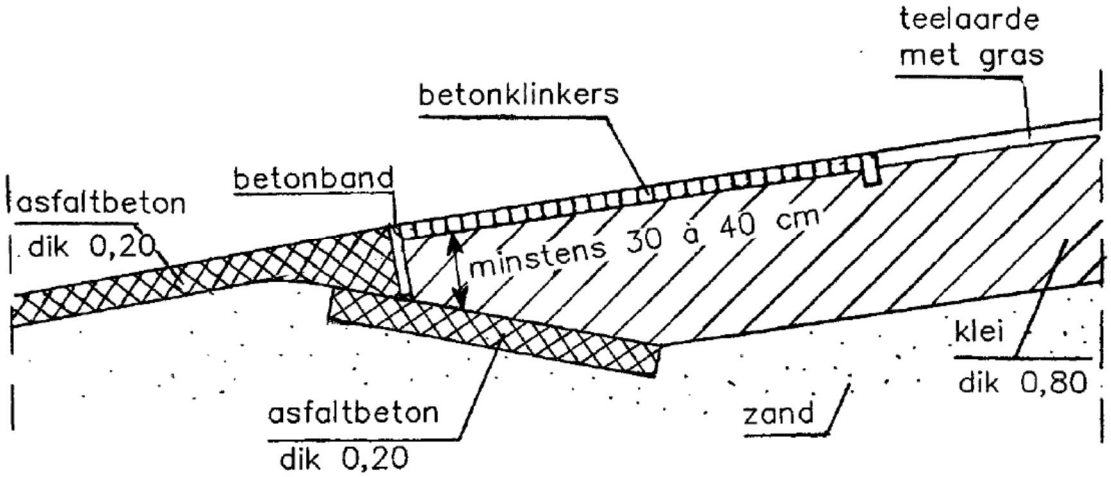
Overgangen van gras naar asfalt op klei kunnen uitgevoerd worden als aangegeven in Figuur 4.9. De doorgroeiblokken geven het gras mogelijk extra sterkte op de plaats waar de belasting wat groter is, dit is echter niet zeker. De belasting is groter door de overgang van het relatief gladde asfalt naar het gras.
Om uitdroging te voorkomen dient de kleilaag op het buitenbeloop en onder bekledingen minstens 80 cm dik te zijn. Bij de in de figuur afgebeelde bovenste constructie is de doorgaande naad naar de zandkern zeer goed geblokkeerd maar een dergelijke constructie is in de praktijk niet of nauwelijks te maken. Bij de onderste constructie is de verticale naad geblokkeerd door een aparte laag asfaltbeton. De aansluitende doorgroeiblokken of klinkers kunnen eventueel opgesloten worden door een betonband. De betonband tussen het asfaltbeton en de betonklinkers kan als bekisting gebruikt worden tijdens het aanbrengen van

het asfaltbeton. Indien hiervoor een tijdelijke (houten) bekisting gebruik wordt, kan de betonband in de definitieve constructie weggelaten worden.



Figuur 4.9 Overgang van asfalt naar gras (TAW, 1992)

In verband met een goede grasgroei moet de kleilaag onder de doorgroeiblokken bij voorkeur meer dan 30 a 40 cm bedragen. In Figuur 4.10 is aan deze wens tegemoet gekomen.



Figuur 4.10 Overgang van asfalt naar gras met voldoende dikke kleilaag onder de doorgroeiblokken (TAW, 1992)

4.3.3 RONA® Zwijnverdwijnblokken

Het gebruik van een specifieke bekleding is generiek besproken in Paragraaf 4.2 (type S1b) en wordt hieronder verder uitgewerkt.

Zwijnverdwijnblokken zijn blokken die in de wegenbouw worden toegepast. Door de geometrie van het blok zullen zwijnen niet meer dicht langs de weg komen wat de verkeersveiligheid bevorderd. Bij overgangen zou dit mogelijk ingezet kunnen worden om schapen of andere fauna weg te houden op specifieke plekken. Op deze manier zouden mogelijk 'schapenpaadjes' welke een potentiele zwakke plek zijn, kunnen worden voorkomen. Een productblad van het RONA® Zwijnverdwijnblok is toegevoegd als Bijlage C van dit rapport.

4.3.4 Geo Clay Liners

Het gebruik van een specifieke bekleding is generiek besproken in Paragraaf 4.2 (type S1b) en wordt hieronder verder uitgewerkt.

Onderstaande tekst is overgenomen uit Dorst (2013)

"Een GCL is een meerlaags geotextiel waarin bentonietpoeder is verwerkt. De BENTOFIX® van fa. Naue is een 6-lagen systeem van geotextielen, bentonietpoeder en zand en is ca. 2 cm dik. De bentoniet wil na aanraking met water uitzetten (tot 800 %) maar kan dit niet omdat het ingepakt is in geotextielen. Zo wordt de mat volkomen waterdicht. De zandlaag bovenin de mat maakt afzinken mogelijk en beschermt de mat voor vallende breuksteen. De matten kunnen in den droge aan elkaar gestikt worden. Bij plaatsing in den natte worden ze met overlap van ca. 0,5 m gelegd. Ter plaatse van de overlap ontbreekt de zandlaag waardoor de bentonietlagen van de twee matten aan elkaar gaan hechten. De levensduur is gelijk aan die van geotextielen en 100 jaar kan worden gegarandeerd. Bij toepassing in den droge moet de mat in de bodem worden aangebracht, afgedekt met grond; er is slechts een zeer geringe grondvochtigheid nodig om de waterdichte structuur te behouden. Naast Naue zijn er meerdere producenten van bentonietmatten.

Voordelen t.o.v. klei zijn o.a. de beschikbaarheid, de relatief geringe benodigde hoeveelheid (reductie transportbewegingen) en het niet hoeven te verdichten/samendrukken".

In de genoemde memo worden de volgende toepassingen gesuggereerd:
- anti piping maatregel;
- maatregel bij dijken op veen;
- vergroting van de overslagbestendigheid;
- waterdichte laag op buitentalud

Waterdichte GCL's leiden mogelijk tot verweking van de bovenliggende grond wat mogelijk kan leiden tot afschuiving. Bij een verdere uitwerking van deze oplossingsrichting wordt aanbevolen om hier aandacht aan te besteden.

Hoewel dit niet verder is uitgewerkt lijkt er ook een potentie te zijn om Geo Clay Liners te gebruiken in het ontwerp met overgangen.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Deze rapportage geeft een overzicht van overgangen tussen enerzijds grasbekledingen en anderzijds kunstwerken, objecten, andere typen bekledingen en geometrische overgangen in gras. Voor een paar veel voorkomende overgangen zijn oplossingsrichtingen gegeven, waarvan er enkele rudimentair zijn uitgewerkt. Over de toepasbaarheid van de gegeven oplossingsrichtingen zijn vooralsnog nog geen conclusies mogelijk. Dit komt doordat de oplossingsrichting nog niet aantoonbaar aan de gestelde eisen voldoet en nog niet breed wordt gedragen.

De in dit rapport gegeven categorisering en potentiele oplossingsrichtingen kunnen worden gebruikt als basis voor een verdere studie met betrekking tot overgangen in grasbekledingen. De focus van het onderliggende rapport is voornamelijk gericht op de ontwerpfase en in mindere mate op uitvoering, beheer en toetsing.

5.2 Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen om:

1. De huidige kennis en ervaring te vertalen in een set met concrete aanbevelingen;
2. Het onderwerp ‘overgangen in primaire waterkeringen’ onder de aandacht te brengen van relevante partijen met betrekking tot ontwerp, uitvoer, beheer en onderzoek van primaire waterkeringen;
3. Potentiele oplossingsrichtingen met betrekking tot overgangen naar grasbekledingen verder uit te werken.

Ad 1.
Er wordt aanbevolen om de huidige kennis en ervaring te vertalen in een set met concrete aanbevelingen ten aanzien van het ontwerp, uitvoering, toetsing en beheer van overgangen in primaire waterkeringen met grasbekledingen. Kennis die hierin kan worden ingebracht is het volgende:

- De ervaring opgedaan met golfklapgenerator en golfoverslagsimulator (zie Paragraaf 3.2 en Paragraaf 3.3 van dit rapport).
- De handreiking met betrekking tot grasbekledingen; Rijkwaterstaat (2012)
- Kennis en ervaring bij ontwerpers (engineers), bouwers, beheerders en onderzoekers
- Onderhavig rapport

Ad 2.
Er wordt aanbevolen om voorliggend rapport in te brengen in een bredere groep waarin meerdere vakgebieden en disciplines zijn vertegenwoordigd. Hierbij kan worden gedacht aan Waterschappen, Rijkswaterstaat, Stowa, Deltares, AOC en marktpartijen. Vooralsnog wordt gedacht aan:

- het geven van een presentatie bij AOC en inventarisatie van hun reactie hierop;
- het interviewen van een vijftal waterschappen;
- het interviewen van een aantal personen / afdelingen bij Rijkswaterstaat;
- het rapport in te brengen bij de STOWA;

- Het rapport op te sturen naar enkele marktpartijen (bijvoorbeeld fabrikanten geotextiel) en hun vragen om voorstellen te doen met betrekking tot mogelijke potentiele oplossingsrichtingen of producten;
- Het informeren van de ENW.

Ad 3.
Vervolgens kan gericht worden gekozen om een aantal potentiele oplossingsrichtingen concreet uit te werken. In deze uitwerking dient onder andere het volgende te worden beschouwd:

- maakbaarheid, uitvoerbaarheid in een werk;
- sterkte;
- duurzaamheid;
- beheerbaarheid;
- controleerbaarheid (toetsing) van de sterkte gedurende de levensduur;
- economische haalbaarheid.

Er wordt opgemerkt dat, om de sterkte van een oplossingsrichting aan te tonen, fysiek modelonderzoek op prototypeschaal noodzakelijk is. Hierbij kan worden gedacht aan:

- grootschalige golfgoot
- golfklapgenerator / golfoverslagsimulator (in aan te leggen proeftuin of op werkelijke dijk)

Fysiek modelonderzoek is noodzakelijk aangezien andere onderzoeksmogelijkheden (bureaustudie, numeriek, analytisch) naar verwachting niet afdoende zal zijn om de sterkte van een overgang aan te tonen. Voor fysiek modelonderzoek (golfgoot, golfoverslagsimulator, golfklapgenerator) zullen proefopstellingen gemaakt dienen te worden. Mogelijk kan al bestaand gras worden gebruikt. In sommige gevallen dient het gras nog aangebracht te worden waardoor dergelijke proefopstellingen naar verwachting ten minste 1 a 2 jaar voorbereiding (groeitijd gras) behoefd.

Na beschouwing van de hierboven genoemde aspecten kunnen de onderzochte oplossingsrichtingen worden ingebracht bij de ENW. Door middel van het uitbrengen van een vigerende ENW publicatie (bijvoorbeeld een Technisch Rapport) waarin de oplossingsrichtingen zijn opgenomen is er afdoende draagvlak gecreëerd om de oplossingsrichtingen in toekomstige dijkversterkingsprojecten te kunnen implementeren.

6 Literatuur

CIRIA, CUR, CETMEF, 2007, The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), ISBN 978-0-86017-683-1

Deltares, 2013a, Overgangen en overgangsconstructies, Deltares rapport 1208394

Deltares, 2013b, Residual Strength of grass on river dikes under wave attack. Phase 2: Analysis of wave impact generator tests on four dike locations, verslag in wording, 1207811-008

Dorst, K., 2013, Het gebruik van Geo Clay Liners in dijkversterkingen, Memo 9 september 2013.

Rijkswaterstaat, 2012, Handreiking Toetsen Grasbekledingen op Dijken t.b.v. het opstellen van het beheerdersoordeel (BO) in de verlengde derde toetsronde, 25-10-2012

Rijkswaterstaat, 2013a, Technisch Rapport Dijkbekledingen Deel 4: Breuksteen, concept rapport

Rijkswaterstaat, 2013b, Technisch Rapport Dijkbekledingen Deel 5: Grasbekledingen, concept rapport

TAW (1992) Overgangsconstructies in dijkbekledingen, bundeling van huidige kennis, Rapport nr. N639, oktober 1992

A Proeven met golfoverslagsimulator

Deze bijlage bevat een korte beschrijving van de ervaringen met overgangen bij golfoverslagproeven, een complete lijst met beproefde overgangen tot dusver en een aantal foto's die het schadebeeld schetsen.

A.1 Beschrijving

In de periode van 2007 tot en met heden zijn 34 teststroken van 4 m breed beproeft met de golfoverslagsimulator, 30 op Nederlandse dijken en 4 in België. Ook in Vietnam en de Verenigde Staten zijn golfoverslagproeven uitgevoerd, maar deze zijn bij gebrek aan gemakkelijk toegankelijke data vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Daarbij is de Nederlandse database toegespitst op Nederlandse omstandigheden (o.a. belasting regimes, grassoorten en beheervormen, grond en typen overgangen) en daardoor voor ons het belangrijkst.

Op de 34 teststroken waren 52 overgangen aanwezig die zijn in te delen in de hoofdcategorieën:

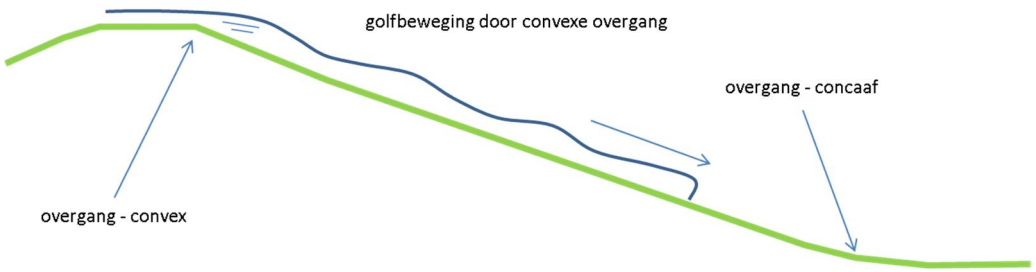
- 28x concave geometrische overgang (e.g. talud - horizontaal), in een aantal gevallen gecombineerd met een onderaan het talud gelegen weg of pad, wat gezien kan worden als een overgang in bekledingtype (12x),
- 12x overgang van bekledingtype, vaak een asfaltweg op de kruin of binnenberm of achterland (bovenop de bovengenoemde gecombineerde overgangen),
- 12x objecten op talud of net onderaan het talud, bestaande uit diverse (kleine) paaltjes, 2x een boom, 2x een taludtrap een constructie parallel aan de stroming één loodrecht op de stroming.

Van elk van de proeven is een factual report beschikbaar met daarin fotomateriaal en een globale beschrijving van de ontstane schade op bepaalde momenten tijdens de proef. Uit het schademoment tijdens de proef is het belastingniveau af te leiden. Vaak trad bij en overgang als eerste schade op, waarna deze plek vervolgens werd beschermd om te kijken wanneer het talud zonder overgang zou bezwijken. Op deze manier kan de bezwijkbelasting van de overgang worden vergeleken met de bezwijkbelasting van het talud. De bezwijkbelasting van het talud wordt gebruikt als benchmark.

De meeste proeven zijn uitgevoerd met een stapsgewijs oplopend gemiddeld golfoverslagdebiet 0,1 - 1 - 10 - 30 - 50 - 75 l/s/m bij een golfconditie met Hs = 2 m en een diep water golfsteilheid van 4%. Elk van de stappen, c.q. gesimuleerde stormcondities, duurde 6 uur. Als er nog geen falen was, dan werd het gemiddeld overslagdebiet verhoogd voor een volgende sessie van 6 uur. In een aantal gevallen is een golfconditie van Hs = 1 m toegepast (meer maar kleinere overslagvolumes) en een enkele keer Hs= 3 m (minder maar grotere overslagvolumes). Ook de stappen van de gemiddelde overslagdebieten varieerde soms. De opgelegde golfoverslagbelasting is per proef is vastgelegd in de factual reports.

De convexe geometrische overgang (e.g. van kruin naar talud) is in geen van de proeven maatgevend gebleken en daarom verder buiten beschouwing gelaten. Wel is waargenomen dat deze overgang een golfbeweging in het overslaande water kan veroorzaken. De stroming neigt bij de overgang door te schieten en verder op het talud neer te komen (Figuur 1). Het kan zijn dat de erosieve belasting hoger is waar de stroming neerkomt. Bij de interpretatie van de proeven is dit effect meegenomen als onderdeel van een normale belasting op het

binnentalud en dus niet expliciet in rekening gebracht. De eerste schade op een grastalud trad overigens vaak op ter plaatse van de teen van het talud, niet bovenaan, tenzij er duidelijke initiële schades op het talud waren zoals rijsporen.



Figuur A.1 Golfbeweging in overslagvolume bij overgang van kruin naar talud

De effecten van overgangen op erosie van de gasbekleding bij overgangen is onderwerp van een studie binnen het kader van WTI2017. Dit onderzoek is in volle gang. Voor overgangen worden factoren bepaald die de hogere belasting en de (eventueel) lagere sterkte in rekening brengen. Omdat de theorieontwikkeling en de analyse van de waarnemingen nog in volle gang zijn kunnen hier nog geen factoren worden gepresenteerd, maar wordt slechts een kwalitatieve beschrijving van de ervaringen gegeven:

- Kleine objecten, kleiner dan ca. 15 cm, blijken de grasbekleding nauwelijks te verzwakken. Grotere objecten doen dat wel.
- De stroming langs een object blijkt niet te leiden tot extra erosie. De invloed hiervan op de belasting is gering.
- De invloed van een object dat loodrecht op de stroming staat is wel groot, zowel direct voor het object als rondom de hoekpunten van het object.
- De sterkte van het gras naast een object is van groot belang. Een aantal keer is gezien dat langs objecten veel muizen activiteit is, wat de zode kan verzwakken, maar anderzijds dat door het afwijkende beheer direct langs een object de zode hier wat dikker is, waardoor de belasting lager is. Anderzijds was de afwezigheid van een doorwortelde zode langs een taludtrap door herbicide aanleiding voor zeer snel falen.
- Grastaluds zonder verdere overgangen of duidelijke zwakke plekken, zoals rijsporen of taluddelen met ruigtebegroeiing, gingen als eerste kapot bij de overgang van talud naar horizontaal. Hier is de belasting groter dan op het talud.
- Bij geleidelijke overgangen van talud naar horizontaal trad er nauwelijks eerder schade op, enerzijds omdat de extra belasting door het ombuigen van de stroming niet erg groot was (verspreid over grote lengte) en anderzijds omdat er soms water onderaan het talud bleef staan. Het water dat hier blijft staan remt het volgende overslaande volume.
- Hetzelfde geldt voor objecten op enige afstand van het talud. De erosieve werking van de overslag neemt op enige afstand van de dijk snel af.
- Overgangen in bekledingtype waren vooral asfaltwegen over de kruin, asfaltwegen over de berm, verhardingen van granulair materiaal (al dan niet begroeit met gras) en doorgroeistenen. Wegen op de berm die op meer dan enkele meters van de teen liggen gaven in geen van de proeven een probleem. De belasting neemt na het bereiken van het horizontaal snel af.
- De overgang van een asfaltweg op de kruin naar gras gaf in beide beproefde gevallen versnelde schade. Details van de overgang kunnen hierin bepalend zijn. Bij Millingen

was er een initiële schade langs de weg en ontstond er vrij snel een groot gat. In België bij de Durmedijk ontstond nauwelijks schade, al was het wel de zwakke plek.

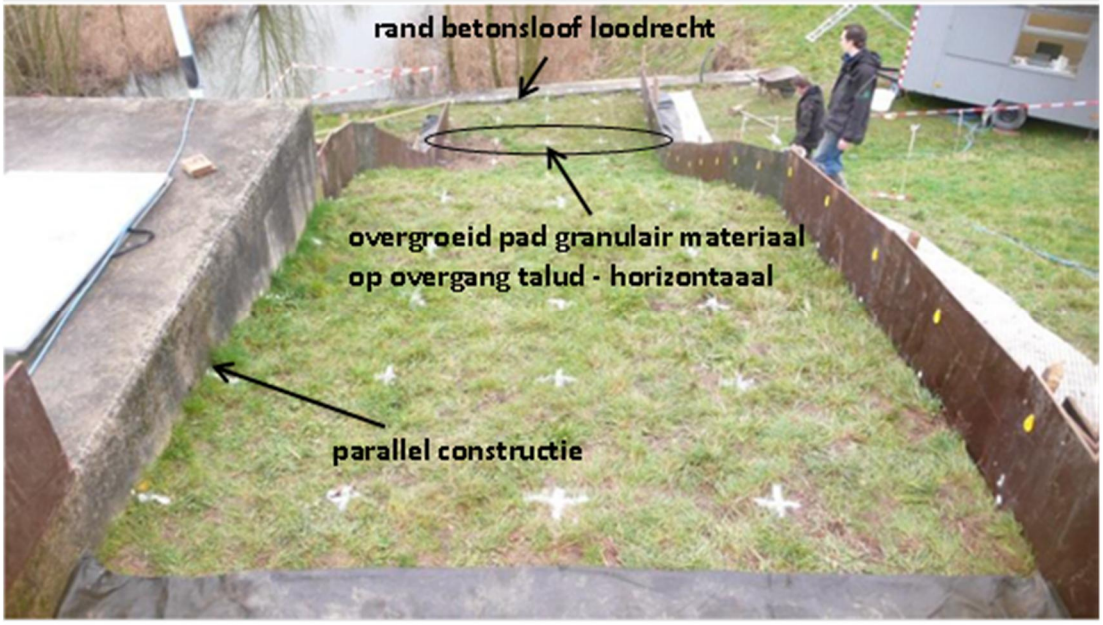
A.2 Lijst overgangen bij overslagproeven

Bijgevoegd is de lijst met proefsecties en overgangen. Voor de meeste van de overgangen zijn foto's toegevoegd om een beeld te krijgen van de schade.

ID	Locatie	Sectie	Overgang	Omschrijving
5	Boonweg	1 gras	bekledingtype	weg op berm
7	Boonweg	2 gras	bekledingtype	weg op berm
9	Boonweg	3 gras	bekledingtype	weg op berm
11	Boonweg	4 gras	bekledingtype	weg op berm
14	Afsluitdijk	2 gras parkeerplek klinkers	bekledingtype	horizontaal gras - parkeerplaats klinkers
18	St. Philipsland	1 gras	bekledingtype	weg op berm
24	Vechtdijk	1 gras wegovergang	bekledingtype	doorgroeistenen - gras (op de kruin)
34	Tielrodebroek	4 gras Durmedijk	bekledingtype	asfaltweg - gras
38	Tholen	1 gras buitentalud	bekledingtype	gras - asfaltweg (op horizontaal stuk)
46	Tholen	5 gras oploop	bekledingtype	asfalt - gras
54	Millingen	gras asfaltweg	bekledingtype	gras - asfaltweg (op kruin)
55	Millingen	gras asfaltweg	bekledingtype	asfaltweg - gras (op kruin)
12	Afsluitdijk	1 gras	geometrisch	talud 1:2,3 - horizontaal
13	Afsluitdijk	2 gras parkeerplek klinkers	geometrisch	talud 1:2,3 - horizontaal
15	Afsluitdijk	3 gras taludtrap	geometrisch	talud 1:2,3 - horizontaal
17	St. Philipsland	1 gras	geometrisch	talud 1:2,4 - horizontaal
21	Kattendijke	2 gras met schade injector	geometrisch	talud 1:3 - horizontaal (weg beschermd met vlies)
26	Vechtdijk	1 gras wegovergang	geometrisch	talud 1:3,8 - horizontaal
28	Vechtdijk	3 gras rivierregime	geometrisch	overgang talud-horizontaal gelijkmatig
29	Vechtdijk	4 gras zwaar zeeregime	geometrisch	overgang talud-horizontaal gelijkmatig
30	Vechtdijk	gras Hydraulische metingen	geometrisch	overgang talud-horizontaal gelijkmatig
35	Tielrodebroek	4 gras Durmedijk	geometrisch	talud 1:3,5 - horizontaal
37	Tholen	1 gras buitentalud	geometrisch	talud 1:3 - horizontaal
43	Tholen	3 gras afrastering	geometrisch	talud 1:2,4 - horizontaal
45	Tholen	4 gras	geometrisch	talud 1:2,4 - horizontaal
47	Tholen	5 gras oploop	geometrisch	gras horizontaal - talud
56	Millingen	gras asfaltweg	geometrisch	talud 1:3 - horizontaal (flauw verloop c.q. afgerond)
57	Millingen	gras Hydraulische metingen	geometrisch	talud 1:3 - horizontaal (flauw verloop c.q. afgerond)
4	Boonweg	1 gras	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,8 - horizontaal + verzwakking door klinkers
6	Boonweg	2 gras	geometrisch +	talud 1:2,8 - horizontaal + verzwakking door

ID	Locatie	Sectie	Overgang	Omschrijving
			bekledingtype	klinkers
8	Boonweg	3 gras	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,8 - horizontaal + verzwakking door klinkers
10	Boonweg	4 gras	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,8 - horizontaal + verzwakking door klinkers
19	Kattendijke	1 gras	geometrisch + bekledingtype	talud 1:3 - horizontaal + weg op berm
25	Vechtdijk	1 gras wegovergang	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,8 - horizontaal + weg van doorgroeistenen
31	Tielrodebroek	1 gras Ringdijk rivierregime	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,5 - horizontaal + asfaltweg
32	Tielrodebroek	2 gras Ringdijk rivier regime	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,5 - horizontaal + asfaltweg
33	Tielrodebroek	3 gras Ringdijk	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,5 - horizontaal + asfaltweg
40	Tholen	2 gras taludtrap	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,4 - horizontaal + asfaltverharding
49	Nijmegen	gras langsconstructie	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2 - horizontaal + halfverharding
51	Nijmegen	gras dwarsconstructie	geometrisch + bekledingtype	talud 1:2,7 - horizontaal + halfverharding
1	Delfzijl	1 gras	object	object (paaltjes enkele cm's geplaats voor de proef)
16	Afsluitdijk	3 gras taludtrap	object	object taludtrap (boven mv) + tegels als overgangsconstructie
20	Kattendijke	2 gras met schade injector	object	object (paal ca. 10 cm op kruin en op talud)
27	Vechtdijk	2 gras boom	object	object (boom diameter 0,8 m)
36	Tielrodebroek	4 gras Durmedijk	object	object (boom op berm geschat 30 cm diameter)
39	Tholen	2 gras taludtrap	object	object taludtrap (verzonken + round up langs opsluitband)
41	Tholen	2 gras taludtrap	object	object houten paal 8x8 cm^2 t.p.v. teen
42	Tholen	3 gras afrastering	object	object (afrastering parallel)
44	Tholen	3 gras afrastering	object	object paal 20x20 cm^2 t.p.v. teen
48	Nijmegen	gras langsconstructie	object	object (beton parallel aan stroming)
50	Nijmegen	gras langsconstructie	object	object op horizontaal - rand betonsloof
52	Nijmegen	gras dwarsconstructie	object	object (constructie dwars op stroming op horizontaal)
2	Delfzijl	2 gras+geogrid	geen	geen
3	Delfzijl	3 kale klei	geen	geen
22	Kattendijke	3 elastocoast	geen	geen
23	Kattendijke	4 steenasfalt	geen	geen
53	Nijmegen	gras versneld Uc	geen	geen (overgangen beschermd voor bepaling Uc talud)

A.3 Foto's



Figuur A.2 Nijmegen (ID 48, 49 en 50)

Figuur A.3 Nijmegen (ID 48, 49 en 50) na afloop proef. Eerste schade aan overgang talud 1:2 - horizontaal in combinatie met pad van granulair materiaal.

Figuur A.4 Nijmegen object loodrecht in stroming en overgang talud - horizontaal (ID 51 en 52). Object had voor aanvang van de proef al een spleet van ca. 30 cm diepte, welke is gevuld met beton t.b.v. drukmetingen. Eerste schade grasbekleding op de hoek van het object, daarna overgang

Figuur A.5 Boonweg overgang talud - horizontaal met verzwakking door gras overgroeide klinkers op de overgang (ID 4, 6, 8 en 10).

Figuur A.6 Kattendijke overgang talud - horizontaal met onderhoudsweg van granulair materiaal (ID 19). Gras nog onbeschadigd.

Figuur A.7 Afsluitdijk overgang talud - horizontaal (ID 12)

Figuur A.8 Afsluitdijk overgang talud - horizontaal met overgang gras - parkeerplek met klinkers (ID 13 en 14))

Figuur A.9 Afsluitdijk overgang object taludtrap (trap steekt uit boven maaiveld) en overgang talud - horizontaal (ID 15 en 16)

Figuur A.10 Vechtdijk, volledige zanddijk, overgang talud - horizontaal + bekledingtype doorgroeistenen (ID 25). Begin van schade en bezwijken bekleding.

Figuur A.11 Vechtdijk object boom diameter 80 cm (ID 27). Erosie aan voorzijde en rand.

Figuur A.12 Tielrodebroek Durmedijk overgang asfalt - gras (ID 34), talud - horizontaal (ID 35) en boom onderaan talud (ID 36). Alleen schade op overgang asfalt - gras.

Figuur A.13 Tielrodebroek ringdijk overgang talud - horizontaal met asfaltweg. Talud bezwijkt eerst in elk van de drie secties (ID 21, 22, 23).

Figuur A.14 Tholen overslagproef op buitentalud. Overgang talud - horizontaal (ID 37) en gras - asfalt (ID 38). Eerste schade op overgang talud - horizontaal. Daarna opdrukken asfalt waarna proef is gestaakt.

Figuur A.15 Tholen overgang gras - taludtrap, kanten onderhouden met herbicide (ID 39).

Figuur A.16 Tholen objecten afrastering op talud (ID 42) en paal op horizontaal deel (ID 41). Talud bezweek als eerste.

B Proeven met golfklapgenerator

B.1 Testen op overgang van gras naar een trap (Oosterbierum)

Er zijn twee testen uitgevoerd naar de overgang van een grasbekleding naar een trap. Deze testen zijn beiden op dezelfde trap uitgevoerd. Het verschil tussen deze twee testen was dat er bij de eerste test kunstmatig initiële schade was aangebracht. Bij de andere test is deze kunstmatige schade niet aangebracht. Een impressie van de test is weergegeven in Figuur B.1.

Figuur B.1 Testen met golfklapgenerator op een overgang van gras naar een trap (links: situatie voor het testen, rechts: situatie na het testen)

Uit beide testen bleek dat er zeer snel erosie optrad. Dit kan worden verklaard door het feit dat de trap is geconstrueerd op een zandbed. Dit zandbed is zeer gevoelig voor erosie.

B.2 Testen op overgang van gras naar een harde bekleding (Olst, Berkum en Harculo)

Er zijn vier testen uitgevoerd op de overgang van een grasbekleding naar een harde bekleding. Er was bij alle testen geen hoogteverschil tussen de grasbekleding en de harde bekleding. De testen betroffen:

- Harculo 3 : horizontale verticale overgang naar asfalt (gras hoger gelegen)
- Olst 2 : verticale overgang naar beton
- Berkum 2 : horizontale overgang naar betonnen doorgroeistenen (onderlaag = klei, gras lagergelegen)
- Berkum 3 : horizontale overgang naar betonnen doorgroeistenen (onderlaag = zand, gras lager gelegen)

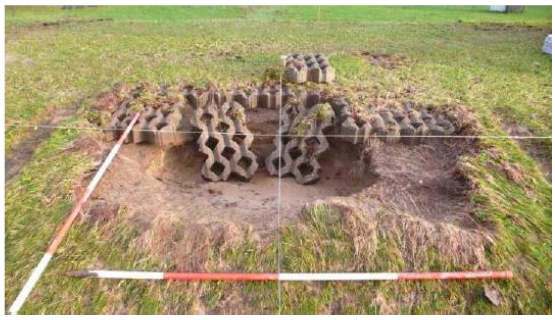
Op basis van de testen zijn de volgende kwalitatieve conclusies getrokken:

- Een NWO of een overgang is in sommige gevallen geplaatst op een zandlaag. Waarschijnlijk wordt dit gedaan omdat dit voor de aannemer eenvoudiger is met betrekking tot de uitvoering. Bij de constructies die zijn getest bleek dit funest te zijn voor de stabiliteit aangezien er vrijwel geen sterkte aanwezig bleek te zijn;
- De stabiliteit van de dijkbekledingen met horizontale vlakke overgangen was nauwelijks beïnvloed;
- De sterkte van de dijkbekledingen met verticale overgangen was beduidend lager;

- De sterkte van de bekleding bij een paal met kleine diameter was iets lager;

Een indruk van de testen is weergegeven in Figuur B.2 en Figuur B.3.

Figuur B.2 v.l.n.r.: overgang van asfalt naar gras (Harculo 3: geen significante invloed van overgang aangetoond); van gras naar beton (Olst 2: invloed van overgang aangetoond)



Figuur B.3 schade bij overgang van gras naar betonnen doorgroeistenen (Berkum 3) na proeven met golfklapgenerator (geen significante invloed van overgang aangetoond)

B.3 Testen op overgang van gras naar paal (Harculo)

Er is 1 test uitgevoerd op een grasbekleding waar een paal in staat (Harculo 2). Om de test uit te kunnen voeren is deze paal op een hoogte vlak boven het gras afgezaagd. Een impressie is weergegeven in Figuur B.4.

Figuur B.4 Situatie voor het testen (links) en na het testen (rechts) bij een paal.(invloed van paal aangetoond)

C RONA® Zwijnverdwijnblokken Productblad

RONA®

Zwijn verdwijn blokken

altena INFRA-MATERIALEN

- Verkeersveilig
- Minder dode zwijnen
- Geen losgewoelde bermkanten
- Snel en eenvoudig verwerkbaar
- Voldoet aan Cradle to Cradle filosofie

De Altena-Groep is als organisatie actief op het gebied van advisering, levering van diensten en producten in de gehele bouwbranche.

Bijzonder veel aandacht wordt hierbij besteed aan het milieu, waarbij milieuvriendelijke en duurzame oplossingen steeds de aandacht krijgen die ze verdienen.

altena GROEP

RONA® Zwijn verdwijn blokken

TECHNISCHE SPECIFICATIE

RONA®Zwijnverdwijnblokken op drainerend geotextiel

Breedte	60cm	80cm
Dikte	12cm	12cm
Materiaal blokken	zeer open beton B 35	
Holle ruimte	circa 20% in beton, 30% in de vorm	
Oppervlaktestructuur	nokkenprofilering	
Verbindingen	rondom hol en dol/rechte wegkant	
Geotextiel	HP 90/90 LL, los gelegd	

OMSCHRIJVING:

De grote problemen voor de verkeersveiligheid die door de toename van het aantal wilde zwijnen zijn ontstaan zijn algemeen bekend en maatschappelijk onaanvaardbaar. Veel materiële schade, nog meer dierenleed en een aanzienlijk vergrote kans op lichamelijk letsel zijn het gevolg. Wilde zwijnen houden zich 's nachts pal aan de rand van de verharding op. De oorzaak hiervan is de proteïnen en eiwitrijke bodemcultuur in de eerste meters naast de verharding. Deze rijke bodemcultuur ontstaat onder andere door de overvloed van (strooi-) zouten en mineralen langs de kant van de weg. Op die plek wroeten de zwijnen de berm over een diepte van 30/40 cm. om. Een goede bermverharding, wildzwijn-proof, is dan van het allergrootste belang. De RONA®Zwijnverdwijnblokken zijn door het verband stabiel en onwrikbaar en door de zeer open beton voorzien van scherpe randen. Zo zal het opwroeten van de blokken zeer lastig zijn. De blokken worden met interlocking gelegd op een drainerend geotextiel. Op de drainagemat wordt een mineraal mengsel aangebracht dat strooizout aan zich bindt. Strooizout blijft op deze wijze buiten het bereik van de wilde zwijnen, onder de blokken.

TOEPASSINGSGEBIED:

Langs wegen waar wilde zwijnen vertoeven en in wegbermen die door wilde zwijnen omgewoeld worden.

VOORDELEN

- Losgewoelde wegbermen worden door de RONA®Zwijnverdwijnblokken verhard.
- Waterafvoer wordt direct naast de wegkant verbeterd waardoor strooizout niet over de berm uitloopt en direct afgevoerd wordt naar beneden. De bermbodem zal daardoor minder proteïne- en eiwitrijk worden.
- Wilde zwijnen zullen zich verder van de rand van de weg ophouden waardoor de kans op ongelukken vermindert. De blokken hebben scherpe randen en de zwijnen willen hun gevoelig neus niet beschadigen en de blokken over de kop woelen.
- Omdat de mineralen en zouten niet meer bereikbaar zijn voor de zwijnen zal de aantrekkingskracht van de wegkanten verdwijnen.
- Bij berijden van de berm zal door de RONA®Zwijnverdwijnblokken de correctie van het voertuig makkelijker zijn, waardoor eenzijdige ongevallen zullen afnemen.
- Bermen zijn door de waterafvoer/-berging in de blokken sneller droog waardoor de weg veiliger is en het onderhoud aan de berm geringer.

Uitgebreide informatie, verwerkingsvoorschriften en referenties op aanvraag.

Bovenweg 13, 8084 PB 't Harde
Tel. 0525-653935 / Fax: 0525-651837
info@altena-groep.nl
www.altena-groep.nl

Filiaal Zwijndrecht
Kilweg 13-15, 3336 LL Zwijndrecht
Tel.nr. 078-6103157 / Fax.nr 078-6103117

Filiaal Zwaag
de Factorij 59, 1689 AK Zwaag
Tel.nr. 022-9269213

altena INFRA-MATERIALEN

www.deltares.nl

Deltares